

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1910

THÈSE

N^o 354

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Louis-René MARQ

Licencié ès Sciences

Né à Vitry-le-François (Marne), le 24 août 1887

LE

Silicium dans le Règne animal

ET

PRINCIPALEMENT CHEZ L'HOMME

Quelques expériences sur son passage à travers l'organisme

~~~~~  
*Président : M. ALBERT ROBIN, professeur*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C<sup>ie</sup> Editeurs

15, Rue Racine, 15

—  
1910

311

354

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

# Faculté de Médecine de Paris

|                                                                        |   |                     |
|------------------------------------------------------------------------|---|---------------------|
| <b>LE DOYEN</b> . . . . .                                              |   | <b>M. LANDOUZY</b>  |
| <b>PROFESSEURS</b> . . . . .                                           |   | <b>MM.</b>          |
| Anatomie. . . . .                                                      |   | NICOLAS             |
| Physiologie. . . . .                                                   |   | CH. RICHET          |
| Physique médicale. . . . .                                             |   | GARIEL              |
| Chimie organique et Chimie générale. . . . .                           |   | GAUTIER             |
| Parasitologie et Histoire naturelle médicale. . . . .                  |   | BLANCHARD           |
| Pathologie et Thérapeutique générales. . . . .                         |   | ACHARD              |
| Pathologie médicale. . . . .                                           | { | WIDAL               |
| Pathologie chirurgicale. . . . .                                       |   | DEJERINE            |
| Anatomie pathologique. . . . .                                         |   | LANNELONGUE         |
| Histologie. . . . .                                                    |   | PIERRE MARIE        |
| Opérations et appareils. . . . .                                       |   | PRENANT             |
| Pharmacologie et matière médicale. . . . .                             |   | HARTMANN            |
| Thérapeutique. . . . .                                                 |   | POUCHET             |
| Hygiène. . . . .                                                       |   | GILBERT             |
| Médecine légale. . . . .                                               |   | CHANTEMESSE         |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie. . . . .                    |   | THOINOT             |
| Pathologie expérimentale et comparée. . . . .                          |   | CHAUFFARD           |
|                                                                        |   | ROGER               |
|                                                                        |   | HAYEM               |
| Clinique médicale. . . . .                                             | { | DIEULAFOY           |
|                                                                        |   | DEBOVE              |
|                                                                        |   | LANDOUZY            |
| Maladies des enfants. . . . .                                          |   | HUTINEL             |
| Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale. . . . . |   | GILBERT BALLET      |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques. . . . .               |   | GAUCHER             |
| Clinique des maladies du système nerveux. . . . .                      |   | RAYMOND             |
|                                                                        |   | DELBET              |
| Clinique chirurgicale. . . . .                                         | { | QUENU               |
|                                                                        |   | RECLUS              |
|                                                                        |   | SEGOND              |
| Clinique ophtalmologique. . . . .                                      |   | DE LAPPERSONNE      |
| Clinique des maladies des voies urinaires. . . . .                     |   | ALBARRAN            |
|                                                                        |   | BAR                 |
| Clinique d'accouchements. . . . .                                      | { | PINARD              |
|                                                                        |   | RIBEMONT-DESSAIGNES |
|                                                                        |   | POZZI               |
| Clinique gynécologique. . . . .                                        |   | KIRMISSON           |
| Clinique chirurgicale infantile. . . . .                               |   | ALBERT ROBIN        |
| Clinique thérapeutique. . . . .                                        |   |                     |

## Agrégés en exercice

|               |              |           |            |
|---------------|--------------|-----------|------------|
| <b>MM.</b>    |              |           |            |
| AUVRAY        | CUNEO        | LAUNOIS   | NOBECOURT  |
| BALTHAZARD    | DEMELIN      | LECENE    | OMBREDANNE |
| BRANCA        | DESGREZ      | LEGRY     | POTOCKI    |
| BEZANÇON (F.) | DUVAL (P.)   | LENORMANT | PROUST     |
| BRINDEAU      | GOSSET       | LOEPER    | RENON      |
| BROCA (A.)    | GOUGET       | MACAIGNE  | RICHAUD    |
| BRUMPT        | JEANNIN      | MAILLARD  | RIEFFEL    |
| CARNOT        | JEANSELME    | MARION    | SICARD     |
| CASTAIGNE     | JOUSSET (A.) | MORESTIN  | ZIMMERN    |
| CLAUDE        | LABBE (M.)   | MULON     |            |
| COUVELAIRE    | LANGLOIS     | NICLOUX   |            |

*Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.*

A MON PÈRE

CHARLES MARQ

Pharmacien de première Classe  
Lauréat de l'Ecole Supérieure de Paris

A MES MAITRES EN CHIMIE BIOLOGIQUE

ARMAND GAUTIER

De l'Institut  
Professeur à la Faculté de Médecine

GABRIEL BERTRAND

Professeur à la Faculté des Sciences

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

DOCTEUR BAZY, DOCTEUR A. PETIT

PROFESSEUR ALBERT ROBIN,

DOCTEUR TUFFIER, PROFESSEUR BAR

PROFESSEUR HUTINEL

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

ALBERT ROBIN

Médecin de l'Hôpital Beaujon  
Professeur à la Faculté de Médecine  
Membre de l'Académie de Médecine  
Commandeur de la Légion d'honneur



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

Arrivé au terme de mes études médicales, j'ai le grand plaisir de remercier tous ceux qui ont contribué à les rendre si attrayantes.

Que les médecins des hôpitaux chez qui j'ai fait mon stage et dont je suis fier d'écrire les noms en tête de cette thèse en reçoivent la dédicace comme un témoignage bien modeste, mais bien sincère, d'une vive reconnaissance ; si je n'ai pas été assez bon élève pour que tous se souviennent de moi, je me souviendrai toujours de leur enseignement qui a laissé dans mon esprit une empreinte ineffaçable.

Je prends la liberté de dédier aussi cette thèse très imparfaite à ceux qui m'ont appris les éléments de la chimie biologique et qui, par l'attrait de leurs leçons, m'ont donné le désir de me perfectionner dans cette branche de la science : qu'ils jugent avec indulgence ce travail d'un débutant qui restera leur élève et leur admirateur.

M. le professeur Albert Robin a été pour moi le meilleur des maîtres. Dans mon ambition de devenir à la fois médecin capable et chimiste instruit, je n'ai pas cru pouvoir mieux faire que de le choisir pour professeur. Comme il s'est particulièrement occupé de la question de l'emploi des silicates en thérapeutique, c'est lui qui m'a indiqué le sujet de ce travail ; il m'a fourni une partie des renseignements

bibliographiques qu'on y trouvera rapportés et évité une appréciable perte de temps en me prêtant les traductions françaises de quelques très importants articles étrangers. Enfin il m'a ouvert son laboratoire à l'hôpital Beaujon. Qu'il reçoive, pour la bienveillance qu'il m'a témoignée et l'honneur qu'il me fait en présidant ma thèse, l'expression de toute ma reconnaissance.

---

# Le Silicium dans le Règne animal

## ET PRINCIPALEMENT CHEZ L'HOMME

---

Quelques expériences sur son passage à travers l'Organisme

---

### INTRODUCTION

---

On se figure encore volontiers, même parmi les médecins, que la matière vivante n'est autre que la matière protéique, que les autres substances organiques ne sont dans l'économie que les résidus de ses transformations ou les composants futurs de sa molécule. Quant aux matières minérales on ne leur accorde souvent qu'un rôle trop effacé et l'on peut entendre dire, pour un grand nombre d'entre elles, qu'elles ne sont que des hôtes accidentels de notre corps, sortes de parasites inertes apportés par l'alimentation, mais aussitôt rejetés tels quels avec les excréta. On croit quelquefois que du jour où la synthèse des matières protéiques sera

faite, le chimiste aura du même coup réussi à reproduire la vie.

Je n'ai pas à discuter ce troublant problème de la vie et je n'ai pas la prétention d'apporter la moindre observation neuve dans cette question encore extrascientifique dont tous les grands esprits se sont occupés et dont tous ont dû renoncer à dévoiler complètement le mystère. Je ne ferai qu'exprimer une idée à peu près classique, mais qu'il est bon de rappeler, en remarquant simplement que, dans la genèse de la vie, il ne faut pas faire jouer le seul rôle à la substance protéique ; elle n'a pas, si elle est isolée, de propriétés vitales spéciales ; et si les beaux travaux d'E. Fischer tiennent leurs promesses le jour n'est pas loin où, dans les appareils de laboratoire, on aura préparé les substances albuminoïdes comme des principes chimiques immédiats aussi peu vivants que les autres.

La vie est une propriété de l'ensemble même des composés qui constituent l'être vivant ; elle n'est que la résultante de leurs réactions réciproques. La matière protéique joue, certes, par sa masse, un rôle considérable, mais que ne doit pas faire oublier celui des autres substances organiques ou minérales.

Pour quelques-unes de ces dernières cependant on n'aperçoit pas encore une fonction déterminée, pas même un rôle plastique bien défini dans la physiologie, et on peut être tenté, comme je le disais en commençant, de les regarder chez l'être vivant comme des hôtes de passage sans importance. Si cette opi-

nion est insoutenable au sujet du chlorure de sodium de nos humeurs, des phosphates et carbonates de nos os, il n'y a pas bien longtemps qu'elle pouvait l'être pour le manganèse des végétaux ou l'iode de la thyroïde. Quant au fluor des dents, à l'arsenic des cheveux et de la glande thyroïde, il faut avouer qu'on n'a pas encore pu démontrer de façon définitive l'utilité de leur présence.

Cette utilité est-elle réelle ? L'avenir nous le dira : mais gardons-nous de la nier parce que nous la comprenons mal. L'expérimentation rigoureuse et le travail acharné du savant viendront à bout de cette difficulté comme des autres. Raulin a ouvert la voie par ses immortelles expériences sur l'*aspergillus niger*. On sait les résultats surprenants auxquels il a été conduit. Pour ne parler que du plus curieux on sait le rôle considérable que joue le zinc, même à dose infinitésimale, dans la nutrition de cette moisissure. Ce qui est vrai pour le zinc chez l'*aspergillus* l'est peut-être pour tous les minéraux que l'on a trouvés, fût-ce à l'état d'infimes traces, dans les tissus vivants. L'étude des minéraux au point de vue biologique mérite donc tous les efforts.

Dans le travail qui suit j'ai essayé de résumer ce qui est actuellement connu du rôle de l'un d'eux, le *silicium*, et, comme à la suite des travaux dont je parlerai, M. Albert Robin et quelques autres auteurs ont essayé de l'employer comme médicament interne contre la tuberculose, j'ai institué quelques expériences trop peu nombreuses sans doute, mais cons-

ciencieusement faites pour étudier son absorption.

On me pardonnera l'insuffisance de cette thèse en raison de la longueur des opérations chimiques qui y sont décrites. Beaucoup d'ailleurs ne réussissent pas. Des nombreux dosages que j'ai essayé de mener à bonne fin je ne peux publier qu'un petit nombre. Au moins sont-ils, je l'espère, aussi rigoureux qu'ils peuvent être : ils m'ont demandé du temps et beaucoup d'attention. Si ce travail peut seulement encourager des chimistes et des physiologistes plus habiles que moi à le compléter et à poursuivre l'étude du silicium chez l'être vivant, je me considérerai comme amplement récompensé de la petite peine qu'il m'a coûtée.

---

## CHAPITRE I

---

### LA SILICE DANS L'UNIVERS EN PARTICULIER CHEZ LES ANIMAUX ET A L'ÉTAT NORMAL

#### § 1. — LA SILICE DANS LE RÈGNE MINÉRAL

Le silicium est un des corps les plus répandus dans la nature. Je dirai un mot seulement de sa présence dans le règne minéral où il apparaît comme un des constituants les plus importants de l'écorce terrestre : il y existe à l'état de *silice* (*anhydride silicique*  $SiO^2$ ) libre ou combinée aux bases. Le quartz (cristal de roche), la tridymite sont formés de silice cristallisée presque pure ; l'agate, l'améthyste, la cornaline sont formées de Silice cristallisée et colorée par des oxydes métalliques ; l'opale est de la silice hydratée ; le grenat, l'émeraude, la topaze sont des silicates. Enfin la pierre meulière, les silex, grès, sables et graviers sont formés de silice mélangée ou combinée avec de l'alumine et de l'oxyde de fer ; l'argile et toutes ses variétés (feldspath, kaolin, etc.), dont on sait le rôle capital en géologie, est du silicate d'aluminium plus ou moins hydraté.

Il n'est pas inutile de rappeler à des médecins qui tous s'occupent tant soit peu de chimie que les faïences, porcelaines et verreries de toutes sortes sont des silicates.

La silice existe encore dans les eaux courantes, probablement à l'état de silicate de chaux maintenu en solution par le gaz carbonique ; les geysers d'Islande contiennent de notables proportions de silice.

Il est intéressant de dire ici quelques mots sur les eaux minérales silicatées : on ne peut épuiser le sujet en quelques lignes et je me contenterai de résumer les notions essentielles.

JULES FÉLIX (1) se basant sur l'observation d'un tableau de Durand-Fardel et Dujardin-Baumetz remarque que beaucoup d'eaux siliceuses font partie du groupe des eaux à faible minéralisation, eaux oligo-métalliques. Jusqu'ici on a guère employé les silicates que pour l'usage externe et les bons résultats donnés par ces eaux et que rapporte Félix n'ont trait qu'à cet emploi. Mais si l'administration de la silice à l'intérieur venait à se vulgariser ces eaux pourraient jouer un rôle utile en thérapeutique médicale. C'est pourquoi je rapporte ci-dessous quelques chiffres relatifs à des eaux très connues et empruntés aux ouvrages classiques.

---

1. Jules Félix, *Emploi thérapeutique de Silicates alcalins et des Eaux minérales naturelles Silicatées*, Paris, 1898.

| Désignation                     | Classification                               | Minéralisation<br>totale au litre<br>en grammes | Silice au litre<br>en grammes |
|---------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| Ax (Ariège).                    | Sulfurée sodique.                            | 0,200                                           | 0,111                         |
| Bagnoles (Orne).                | Oligo métallique.                            | 0,131                                           | 0,030                         |
| Bains (Vosges).                 | Indéterminée thermale<br>simple.             | 0,500                                           | 0,121                         |
| Bourbon l'Archambault (Allier). | Chlorurée sodique.                           | 4,357                                           | 0,430                         |
| La Bourboule (Puy-de-Dôme).     | Chlorure bicarbonatée<br>sodique arsénicale. | 5 à 6                                           | 0,120                         |
| La Malou (Hérault).             | Bicarbonatée mixte<br>ferrugineuse.          | 1,502                                           | 0,053                         |
| Luxeuil (Haute-Saône).          | Ferrugineuse.                                | 1,150                                           | 0,090                         |
| Mont-Dore (Puy-de-Dôme).        | Oligométallique arsénicale.                  | 2,100                                           | 0,168                         |
| Néris (Allier).                 | Indéterminée thermale<br>simple.             | 1,280                                           | 0,112                         |
| Plombières (Vosges).            | Indéterminée thermale<br>simple.             | 0,370                                           | 0,128                         |
| Sail-les-bains (Loire).         | Bicarbonatée mixte.                          | 0,453                                           | 0,132                         |

La grande activité de la plupart de ces eaux est due, d'après Félix, à leur teneur relativement forte en silice. La chose est possible ; mais il faut d'abord faire une mention spéciale pour Mont-Dore et La Bourboule qui sont surtout arsénicales ; il faut ensuite ajouter que la radioactivité des gaz émis par certaines de ces eaux joue sans doute le rôle principal.

Remarquons en terminant qu'en effet ces eaux sont bien oligométalliques sauf La Bourboule et Bourbon-l'Archambault et que cette dernière est la plus riche de beaucoup en silice : il faut faire enfin une mention spéciale pour l'eau de Sail-les-Bains, la plus

anciennement connue des eaux siliceuses et la plus étudiée (1).

Je n'en dirai pas plus sur la silice minérale : j'ai voulu seulement rappeler le rôle considérable qu'elle joue à la surface de la terre (2) et expliquer ainsi pourquoi de très bonne heure les physiologistes se sont inquiétés de savoir si un principe aussi répandu ne se trouverait pas aussi dans l'organisme des êtres vivants.

La réponse à cette question a été affirmative.

## § 2. — LE SILICIUM DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL

Tout le monde sait que certaines algues monocellulaires, les diatomées, sont enfermées dans des sortes de boîtes siliceuses (3) dont les ornements très fins servent à apprécier la qualité des objectifs. Ce qui est moins connu c'est la possibilité du passage de ces carapaces (4) dans les plantes croissant sur les

---

1. V. D. Olivier, *Gazette des Eaux*, Paris, 1905, p. 9 et Félix (*op. cit.*).

2. Ce rôle que je viens de considérer au point de vue statique est encore plus intéressant à examiner au point de vue dynamique : les mutations du silicium à l'intérieur et à la surface de la terre, le combat qu'il livre au carbone, ont été éloquemment décrits par G. BUNGE : je ne saurais mieux faire que d'y renvoyer le lecteur :

G. Bunge, *Lehrbuch der physiologie des Menschen*, II, p. 16, 17 et 149.

3. Bunge, *Lehrbuch der Biologischer und Pathologischer Chemie*, p. 26.

4. Dammer, *Anorganische Chemie*, 1894, II, p. 484.

terrains qui en renferment. Le fait mérite de fixer l'attention car il est assez rare de pouvoir contrôler ainsi directement l'absorption de substances insolubles par les êtres vivants.

Avant de passer à l'examen des plantes élevées en organisation, je dirai que les bactéries peuvent vivre dans les milieux siliceux : il y a déjà longtemps en effet que ROBERTS (1) puis KÜHNE (2) ont étudié les milieux de culture à base de silice et les bons résultats qu'ils donnent.

Presque toutes les plantes supérieures contiennent du silicium (3). GORUP BESANEZ a fait une étude détaillée de beaucoup de végétaux à ce point de vue et il considère que le silicium est aussi indispensable à la nutrition de la plante que le phosphore et le potassium (4).

Les végétaux qui contiennent le plus de silicium sont les plantes herbacées à la période où elles sont rigides. Il semble bien que chez elles le silicium soit à l'état de silice ou de silicates (surtout silicate de chaux) dont la dureté apporte précisément à l'orga-

---

1. Ch. Roberts, *Chem. Societ.*, t. VI, p. 274.

2. Kühne, *Zeit. f. Physiol. Chemie*, t. IX, (1890), p. 172.

3. C'est à dessein que je dis *silicium* et non *silice*, car si le silicium est toujours dosé à l'état de silice dans les cendres, il est peut-être dans la plante elle-même à l'état organique : la vérification en est difficile (voir § 4). Quoi qu'il en soit presque tout doit se retrouver dans les cendres à l'état de silice : s'il existe dans la plante à l'état de composé volatil disparaissant pendant le dosage, il est perdu pour l'analyse et ce que je dis dans tout ce chapitre ne peut s'appliquer qu'à la partie du silicium qui est fixe dans ces conditions.

4. GORUP-BESANEZ, *Lehrbuch der Physiol. Chemie*, 1867, p. 14.

nisme végétal la consistance observée : les prêles, roseaux, bambous, toutes les graminées à l'époque de la moisson contiennent des quantités considérables de silice (jusqu'à 90 o/o des cendres, voir plus loin) surtout au niveau des nœuds.

Je reproduis ci-dessous un tableau indiquant la teneur pour cent en silice des cendres de quelques végétaux très employés.

|                       |      |                      |
|-----------------------|------|----------------------|
| Grains de seigle..... | 1,37 | } (STRASSBURGER) (1) |
| Pois comestibles..... | 0,91 |                      |
| Pommes de terre ..... | 2,04 |                      |
| Raisins .....         | 2,75 |                      |
| Grains de café.....   | 5,04 |                      |
| Feuilles de thé.....  | 0,54 |                      |
| Tabac .....           | 5,77 |                      |
| Prêle (tige).....     | 70   | } (SCHULZ) (2)       |
| Bambou (concrétions). | 99   |                      |

Il y aurait encore beaucoup à dire au sujet du silicium des végétaux : mais cette question intéresse plus le botaniste que le médecin.

La chose importante à retenir au point de vue biologique c'est que le silicium se comporte chez la plante comme un *agent de soutien* : c'est lui, semble-t-il, qui donne leur rigidité aux chaumes et herbes cassantes.

Nous verrons que le rôle du silicium chez les animaux est, dans une certaine mesure, analogue.

---

1. STRASSBURGER, *Lehrbuch der Botanik*, 1895, p. 147.

2. SCHULZ, *Münch. Mediz. Wochenschrift*, 1902, p. 440.

### § 3. — LE SILICIUM DANS LE RÈGNE ANIMAL

Je cite seulement pour mémoire la silice du squelette de certaines éponges, pour passer rapidement à l'étude des animaux supérieurs. Il est évident que tous, surtout les herbivores, ingèrent avec leurs aliments des composés siliceux : ces composés sont-ils absorbés ? Retrouve-t-on la silice dans les cendres des organes animaux ? Telle est la question à laquelle on a cru depuis longtemps devoir fournir une réponse affirmative. Les premières expériences précises datent de plus de soixante ans.

GORUP-BESANEZ (1), HENNEBERG (2), ROGER (3) ont, en effet, retrouvé des quantités très appréciables de silice dans les cendres des produits animaux. Le premier de ces auteurs en particulier est frappé de la richesse en silice des productions épidermiques (poils, plumes, etc.).

Mais les résultats énoncés sont mis en doute et HOPPE-SEYLER (4) pense que la silice retrouvée par Gorup-Besanez n'est autre que celle des poussières dont les poils et les plumes sont toujours forcément et accidentellement souillés. De plus les quantités de

---

1. Gorup-Besanez, *Ann. der Pharm. u. Chemie (Liebig)*, 1847, t. LXI, p. 46; 1848, t. LXVI, p. 321.

2. Roger, *idem.*, 1848, t. LXV, p. 85.

3. Henneberg, *idem.*, 1847, t. LXI, p. 261.

4. Hoppe-Seyler, *Lehrbuch d. physiol. Chemie*, p. 69.

silice retrouvées par les différents auteurs sont si minimales (souvent beaucoup moins de 0,01 des cendres) et si variables (les premiers chiffres donnés varient souvent dans le rapport de 1 à 3 par exemple) qu'on a pu prétendre qu'elles provenaient simplement des réactifs et des récipients employés.

Aujourd'hui cependant des expériences comparatives rigoureuses ont été faites et il faut admettre que le silicium fait bien partie intégrante de la plupart des organes des animaux.

BUNGE (1) a retrouvé le silicium dans le sang de presque tous les sujets étudiés. L'urine des herbivores en contient beaucoup puisqu'on peut y trouver de véritables calculs de silice ou de silicates (2). L'urine de l'homme en renferme des traces (3) (j'insisterai sur ce point dans le dernier chapitre de ce travail). Les productions épithéliales elles-mêmes contiennent beaucoup de silice dont l'origine n'est pas du tout extérieure comme le pensait Hoppe-Seyler : les expériences de KALL (4), de KUNKEL en montrant que les variations observées suivent des lois très fixes (elles sont en effet régulièrement régies par l'âge du sujet, son alimentation et surtout la couleur des poils étudiés) ne permettent plus de doute. On a encore dosé la silice dans l'œuf de poule (5). On l'a retrouvée

---

1. Bunge, *Lehrbuch der biolog. Chemie*, p. 27.

2. Hammarsten, *Physiol. Chem.*, p. III.

3. Neumister, *Physiologische Chemie.*, 1897, p. 493 et 738.

4. Kall, *Inaugural Dissertation* (Würzburg), 1898, p. 6. — Voir aussi Hammarsten, *loc. cit.*, p. 269.

5. Hammarsten, *loc. cit.*, p. 246 et 728.

évidemment dans les excréments de tous les herbivores. Je montrerai plus loin que ceux de l'homme en contiennent des quantités très appréciables. Je ne peux pas citer tous les noms d'auteurs qui ont décelé la silice dans les divers organes et je resterai forcément très incomplet même lorsque j'aurais dit qu'elle a été dosée dans les écailles des ailes de papillons (?), les piquants des hérissons, le cerveau du veau, la bile du bœuf, etc., etc. Il sera plus utile de connaître (d'après Gorup-Besanez) (1) la teneur moyenne en silice des cendres de quelques aliments :

|              |       |     |
|--------------|-------|-----|
| Graines..... | 0,40  | 0/0 |
| Viande.....  | 0,27  | 0/0 |
| Fruits.....  | 0,27  | 0/0 |
| Poisson..... | 0,105 | 0/0 |

Pour avoir épuisé les grands faits du sujet il ne me reste plus en terminant ce paragraphe qu'à insister un peu sur trois séries de travaux très importants : ceux de KALL, d'ALBERT ROBIN et de SCHULZ.

Le premier (2) a montré que le pancréas était l'organe noble qui contenait le plus de silice et on en a conclu que cet organe était son lieu de réserve comme la thyroïde pour l'iode et le foie pour le fer.

Au cours de ses études sur la chimie pathologique de la tubercule, ALBERT ROBIN a dosé la silice dans les poumons (3) et les os (4). Je ne transcris ici que

---

1. Gorup Besanez, *Physiol. Chemie*, 1867, p. 608.

2. Kall, *Inaugural Dissertation* (Würzburg), 1898, p. 19.

3. Albert Robin, *Bulletin mensuel de la Société d'Etudes scientifiques sur la Tuberculose*, février 1907.

4. *Idem*, *Bulletin général de Thérapeutique*, janvier-février, 1909.

les résultats publiés pour l'homme sain (nous verrons plus loin les déductions capitales qu'il faut tirer de la comparaison de ces chiffres avec les chiffres fournis par les tuberculeux).

D'après ALBERT ROBIN et BOURNIGAULT :

100 grammes d'os frais (extrémité supérieure du fémur) contiennent 0 gr. 117 de silice ;

100 grammes de tissu pulmonaire humide en renferment 0 gr. 018 (soit à peu près 0,1 0/0 des parties sèches).

Les travaux de HUGO SCHULZ (1) sont de la première importance et ils ont été le point de départ de presque toutes les recherches sur la silice animale dans ces dernières années. Je mentionne tout de suite les résultats très intéressants qu'il a publiés.

Dans 1 kilogramme de substance desséchée (soit 3 à 4 kgr. de substance fraîche) il a trouvé les poids suivants de silice en grammes :

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Viande de bœuf.....      | 0,0423          |
| Cristallin » .....       | 0,0694 à 0,0854 |
| Aorte » .....            | 0,0987          |
| Tendons » .....          | 0,1086          |
| Enveloppes de l'œil..... | 0,1141          |
| Capsule de la rate.....  | 0,1879          |
| Corps vitré.....         | 0,5814          |
| Muscles de l'homme.....  | 0,0239          |
| Peau » .....             | 0,0447          |
| Tendons » .....          | 0,0637          |
| Dure-mère » .....        | 0,0870          |
| Aponévroses » .....      | 0,1064          |

---

1. H. Schulz, *Pflügers Archiv.*, 1901, t. LXXXIV, p. 67.

*Idem*, *Idem*, 1902, t. LXXXIX, p. 112.

*Idem*, *Munch. Med. Wochens.*, 1902, p. 440.

*Idem*, *Bull. Soc. chimique*, 1902, t. XXVIII, p. 766.

Ces chiffres représentent la moyenne d'un grand nombre de dosages ; ils varient beaucoup avec l'alimentation et l'âge du sujet en expérience.

Schulz ne rapporte pas de dosages de silice dans le pancréas ce qui est regrettable car ainsi il aurait pu vérifier ou infirmer les résultats de Kall et les conclusions qu'on en tire sur le rôle de cet organe comme lieu de réserve du silicium ; mais il a dosé la silice de la pulpe splénique sèche dont 1 kilo en contient 0 gr. 1495 (beaucoup plus que les autres organes nobles examinés).

Il est un fait qui frappe dans les dosages publiés par Schulz et c'est son mérite de l'avoir bien mis en lumière : *la quantité de silice contenue dans un tissu est à peu près proportionnelle à la quantité de tissu conjonctif ou fibreux qu'il renferme.*

Et Schulz conclut, au point de vue thérapeutique, à l'emploi de la silice à l'intérieur pour activer la fibrogénèse. Ce qui n'amènera à parler de la silice au point de vue anatomo-pathologique et en particulier dans la tuberculose.

Je répondrai cependant auparavant à une dernière question. A quel état le silicium existe-t-il chez les êtres vivants, chez les animaux ?

#### § 4. — LES COMPOSÉS SILICIÉS DES ORGANISMES VIVANTS

Schulz n'a pas essayé de résoudre ce problème : il émet simplement l'hypothèse que le silicium rem-

place le carbone dans certains composés organiques des tissus (1).

On a essayé, avant Schulz, d'établir ce fait et je vais dire un mot des travaux sur la question.

LADENBURG (2) puis FRAUENBERGER (3) (ce dernier a étudié à ce point de vue la gélatine de Wharton) concluent nettement que le silicium est engagé dans des molécules organiques chez les animaux. LANGE (4) démontre que dans les équisetacées (prêles) la silice est en solution aqueuse à l'état de combinaison minérale, ou même à l'état libre. DRECHSEL (5) en traitant des plumes d'oiseaux par l'alcool et l'éther en retire une combinaison soi-disant définie  $\text{SiOC}^{24}\text{H}^{59}\text{O}$ .

CERNY (6) a repris tout dernièrement cette question : en traitant, lui aussi, plusieurs kilogrammes de plumes d'oiseaux de basse-cour il en a extrait plusieurs grammes d'une substance cristallisée, à point de fusion constant, et assez riche en silice : mais cette teneur en silice est très variable selon les échantillons. De plus la substance isolée par Cerny

---

1. On sait en effet que l'on a préparé depuis longtemps déjà des composés organiques spéciaux où le silicium est voilé : un atome de silicium remplace un atome de carbone (dont la capacité de combinaison est la même) dans nombre de composés organiques, et pour ne citer que les faits très connus, je rappelle qu'au chloroforme  $\text{CHCl}_3$  correspond le silicichloroforme  $\text{SiHCl}_3$  à l'acide oxalique  $(\text{COOH})_2$ , l'acide silicioxalique  $(\text{SiOOH})_2$ .

2. Ladenburg, *Berichte der deutsch. Chem. Gesellsch.*, t. V, p. 568.

3. Frauenberger, *Zeit. f. phys. Chemie*, t. LVII, p. 17.

4. Lange, *Berichte d. deutsch. Chem. Gesellsch.*, t. XI, p. 822.

5. Drechsel, *Zentralbl. f. Physiol.*, t. XI, p. 361.

6. Cerny, *Zeit. f. physiol. chemie.*, t. LXII, 1909, p. 296.

se scinde nettement en alcool cétylique et acide oléique. On est ainsi amené à penser qu'elle n'est qu'une sorte de corps gras, un sébum dont la présence est toute naturelle à la surface des plumes et que la silice qu'elle renferme a une origine accidentelle. Cerny lui-même croit en effet qu'elle provient simplement des poussières dont les plumes sont inévitablement souillées.

Cerny arrive à la même conclusion en appliquant sa méthode au foie et au sang des oiseaux.

La question est donc absolument obscure à l'heure actuelle. S'il est probable que dans le règne végétal le silicium est à l'état de composés minéraux (silice et silicates), il faut avouer notre ignorance en ce qui concerne le silicium des animaux et nous contenter d'en doser une partie à l'état de silice.

## § 5. — CONCLUSIONS

Le silicium existe dans presque tous les organes des plantes et des animaux. *Son rôle est un rôle de soutien aussi bien chez les plantes auxquelles il donne souvent leur rigidité que chez les animaux dont le tissu conjonctif lui doit sa consistance.*

Les sels alcalino-terreux forment la partie dure de notre squelette et la silice donnerait sa solidité au tissu fibreux et élastique. Ne pourrait-on pas dire que la silice est au tissu de remplissage ce que le phosphate et carbonate de chaux est au tissu osseux ?

Quoi qu'il en soit de cette opinion, la présence constante de la silice dans l'organisme, sa localisation prédominante dans le tissu fibreux (et probablement aussi dans le tissu cicatriciel pathologique) suffisent à le faire considérer comme un élément indispensable à la constitution de ces tissus et légitiment pleinement les idées que l'on a émises sur son rôle dans la guérison de la tuberculose, dont je vais maintenant parler.

---

## CHAPITRE II

---

### LA SILICE AU POINT DE VUE ANATOMO-PATHOLOGIQUE EN PARTICULIER DANS LA TUBERCULOSE PULMONAIRE

#### § I. — PRÉAMBULE. — AFFECTIONS DIVERSES

La chimie biologique normale de la silice est encore trop mal connue pour qu'on puisse songer à étudier dans toutes les maladies sa chimie pathologique. Mais la question de la silice chez le bacillaire est cependant assez avancée en Allemagne à l'heure actuelle pour justifier des essais d'application thérapeutique : elle est presque inconnue en France et mon seul but, dans ce chapitre, sera d'attirer un peu l'attention sur elle.

Auparavant je rappelle brièvement quelques notions relativement anciennes : SCHLOSSBERGER, SCHMETZER ont retrouvé d'importantes masses de silice dans les productions épidermiques pathologiques (ichtyose, pellagre).

Mais la silice est surtout connue des pathologistes

par une sorte de pneumokoniose que son inhalation engendre chez les tailleurs de pierre : l'affection qui prend ainsi naissance a été nommée *chalicose* ; son histoire clinique est en tous points comparable à celle de l'antracose. Je n'insiste pas et je la cite seulement pour faire remarquer qu'il faut se garder de confondre la silice d'origine atmosphérique qui envahit ainsi l'appareil pulmonaire et arrive presque à le tuberculiser avec celle qui est prise par le poumon au sang et à l'alimentation et qui peut si heureusement contribuer, comme nous allons le voir, à la guérison des foyers de tuberculose bacillaire.

## § 2. — SILICE ET FIBROGÉNÈSE

On sait que l'évolution ordinaire d'un foyer tuberculeux se fait suivant deux processus distincts : 1<sup>o</sup> processus de ramollissement, de caséification (de suppuration en somme) ; 2<sup>o</sup> au contraire, processus de limitation de la lésion par une réaction conjonctive périphérique suivie de calcification.

On sait que devant les insuccès des méthodes de thérapeutique directement dirigées contre le bacille de Koch, on cherche surtout à l'heure actuelle à favoriser simplement les réactions de défense de l'organisme : 1<sup>o</sup> par l'hygiène du tuberculeux ; 2<sup>o</sup> en provoquant par tous les moyens possibles la salutaire prolifération fibreuse, la formation de la barrière d'encerclement qui transformera le microbe

agressif en inoffensif assiégé, puis à favoriser la calcification du foyer circonscrit. Je ne dirai rien des moyens destinés à opérer cette prolifération (administration de cinnamate de soude, de produits créosotés, etc.), mais je veux faire remarquer, avec Schulz, que pour consolider le tissu néoformé, peut-être même dès le début pour lui permettre l'existence, il faudra fournir à l'organisme la silice indispensable ; de sorte qu'il apparait dès maintenant que le traitement silicaté est le corollaire obligé des tentatives faites en vue d'activer la fibrogénèse.

### § 3. — DÉMINÉRALISATION SILICEUSE CHEZ LES BACILLAIRES

Il y a longtemps qu'Albert Robin a insisté sur la déminéralisation chez les tuberculeux. Sans insister sur cette question très vaste je dirai quelques mots sur la déminéralisation siliceuse.

La déminéralisation globale de l'organisme en silice n'a pas été encore nettement démontrée. Mais M. le professeur Albert Robin poursuit, depuis quelques années, des expériences destinées à élucider cette question. Il a démontré (1) que le poumon tuberculeux perd sa silice dans des proportions assez considérables.

La même observation est à faire au sujet des os. Tandis qu'en effet l'extrémité supérieure du fémur

---

1. *Loc. cit.*

chez un homme sain contient en moyenne pour 100 gr. de substance fraîche, 0 g. 117 de silice, le dosage pratiqué dans les mêmes conditions chez le tuberculeux fournit le chiffre de 0 gr. 068 *soit une déminéralisation de 41, 88 o/o.*

Dans le poumon tuberculeux la *déminéralisation siliceuse* atteint 50 o/o pour les parties les plus malades puisque celles-ci ne contiennent plus (pour 100 grammes de matière fraîche) que 0 gr. 009 de  $\text{SiO}_2$  (au lieu de 0 gr. 018 à l'état normal).

Les parties les moins atteintes subissent une déminéralisation beaucoup moins forte (au lieu de 0 gr. 018 à l'état normal elles contiennent 0 gr. 015 de silice pour 100 grmmes de tissu frais).

Tandis que les parties relativement saines du poumon tuberculeux subissent une « hypertrophie chimique » (le mot est du professeur Albert Robin) en ce qui concerne le phosphate, la chaux, la magnésie, le potassium, elles ont usé de bonne heure leur silice (de même que leur fer) et ne peuvent la récupérer parce que l'organisme humain en contient trop peu.

Les os subissent le même appauvrissement en silice.

Il serait du plus grand intérêt de savoir si le bacillaire au début de la maladie perd sa silice par les urines. A la période d'état *deux dosages m'ont montré que l'urine du bacillaire était beaucoup moins riche en silice que celle de l'homme sain* de même poids ; mais il est impossible de fournir des

conclusions nettes en se basant sur si peu de faits ; la question est à reprendre entièrement.

Se passerait-il pour la silice ce qui se passe pour les chlorures (hypersiliciurie au début, suivie d'une hyposiliciurie, le malade n'urinant presque plus de silice parce qu'il ne lui en reste presque plus) ; je n'ai eu ni le temps ni l'occasion de commencer ces recherches.

#### § 4. — SILICIFICATION DES LÉSIONS PULMONAIRES

Tandis que les parties relativement saines qui entourent un foyer tuberculeux subissent la transformation conjonctive, le foyer lui-même tend à subir la transformation minérale, surtout calcaire. Or une orientation nouvelle des recherches tend à faire admettre que le foyer bacillaire, non seulement se calcifierait, mais encore se silicifierait très volontiers si on lui fournissait les matériaux nécessaires. Après avoir parlé de calcification il faudrait donc compter aussi sur la silicification des lésions tuberculeuses. Voici sur quels faits est basée cette opinion :

L'idée première de la possibilité de cette silicification est due probablement à KOBERT (1). A la suite des remarques qu'il a faites à ce sujet plusieurs travaux ont paru en Allemagne qui ont toujours démontré l'innocuité et souvent l'utilité réelle de la médication silicatée chez le bacillaire (voir chap. III).

---

1. Kobert, *Archiv. internat. Pharmacod. et Therapie*, 1901. t. IX, p. 285.

L'un des chercheurs, ZICKGRAF (1) croit avoir pris sur le fait la transformation siliceuse des foyers tuberculeux à la suite d'administration de silicates. Dans des calculs pulmonaires, provenant d'un malade qui depuis longtemps absorbait des infusions de plantes siliceuses, il a retrouvé jusqu'à 12 0/0 de silice tandis que jusqu'alors les auteurs considéraient ces calculs comme presque exclusivement calcaires. Et l'auteur termine son article par les paroles suivantes : « *La participation de la silice à la transformation minérale des tissus tuberculeux est évidente...* Beaucoup d'auteurs français parlent d'une déminéralisation de l'organisme chez le tuberculeux ; il y aurait peut-être plus de succès à attendre contre elle de la silice que des autres sels employés jusqu'à présent. »

C'est aussi l'avis d'Albert Robin, et pour terminer ce paragraphe je ne puis mieux faire que de citer ici ses paroles :

« La tuberculose a pour effet de substituer de l'eau aux parties actives des poumons qui se détruisent dans la proportion d'un tiers environ. *Les parties restantes se déminéralisent en silice*, perdent peu de fer, pendant qu'elles se surminéralisent en acide phosphorique, chaux, magnésie et potasse.

» Les régions non envahies par la tuberculose se déshydratent et se chargent parallèlement de prin-

---

1. Zickgraf, *Beitrag zur klin. d. Tubercul.* (Würzburg) 1906, t. V, p. 399.

cipes actifs, surtout d'éléments minéraux, *sans* de chlore, de soude et probablement aussi *de silice*. »

« *Il faut donner aux tuberculeux sous forme assimilable et non nocive, d'une part, l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie et la potasse que l'assollement du poumon tend à retenir, d'autre part, la silice et le fer qu'il perd sans pouvoir les remplacer faute de réserves suffisantes de l'organisme.* »

## § 5. — CONCLUSIONS

Pour résumer ce chapitre on peut dire : *Il faut essayer de faire fixer de la silice par l'organisme tuberculeux :*

1° *Parce que le bacillaire perd la silice normale de son poumon et de ses os, peut-être celle de tout son organisme et de ses réserves (pancréas) ;*

2° *Parce que, même s'il ne la perdait pas, il lui en faudrait un surcroît sensible puisqu'il lui faut fabriquer du tissu fibreux pour encapsuler ses lésions et qu'un des principes constituants de ce tissu est précisément la silice ;*

3° *Parce qu'il doit en même temps non seulement calcifier, mais encore silicifier la partie détruite, le centre du foyer ;*

4° *Il y a plus, et l'action bienfaisante des silicates sur la nutrition générale (voir chap. III) ne peut qu'aider le traitement hygiénique.*



## CHAPITRE III

---

### LE SILICIUM MÉDICAMENT INTERNE

#### § I. — FORMES MÉDICAMENTEUSES DU SILICIUM

1° Les composés organiques à base de silicium sont difficilement maniables ou bien au contact de l'eau ils sont détruits avec formation de silice : leur emploi est difficile ; M. le professeur Albert Robin emploie cependant dans certains cas le silicate d'éthyle ,

2° Il y aurait peut-être avantage pour la fixation à administrer un médicament dans lequel le silicium figurerait à l'état de métal ; mais on ne connaît pas de composés de ce genre se prêtant à l'administration médicamenteuse (1) ;

3° Il reste la silice ou les silicates minéraux simples ou complexes : on peut les faire absorber à l'état de pureté ou avec les eaux minérales silicatées ou encore dans les décoctions de plantes siliceuses.

La silice anhydre calcinée est insoluble dans l'eau

---

1. Le seul composé qu'on connaisse dans ce groupe, le phosphate de silice  $P^2O^5SiO^2$  (pyrophosphate  $P^2O^5Si$ ) est un corps insoluble, inattaquable : il n'y a pas à songer à son emploi.

et les acides, et presque inattaquée à froid par les solutions alcalines; c'est un corps inerte et son emploi est à rejeter.

La silice précipitée à l'état gélatineux des solutions de silicates, puis lavée et modérément séchée, peut servir à préparer une eau silicatée, mais dont la teneur en silice variera beaucoup suivant les circonstances : on pourrait l'administrer aussi à l'état pulvérulent, car elle est assez soluble dans les milieux alcalins (suc pancréatique et intestinal). Les pseudo-solutions de silice, préparées par dialyse, sont instables et de titre variable : on ne pourra guère s'adresser à elles.

Parmi les silicates, on pourra employer ceux de chaux ou de magnésie (1), insolubles dans l'eau et dont l'absorption doit être très lente, et ceux de soude et de potasse (2), dont on peut fabriquer des solutions de titre assez invariable qui se prêteront parfaitement à une absorption rapide.

M. le professeur Albert Robin emploie surtout le tétrasilicate de potasse.

Les décoctions de plantes siliceuses sont très riches en principe actif : Schulz a trouvé que 50 grammes de prèles sèches mises à bouillir pendant une demi-heure avec un demi-litre d'eau lui cédaient environ 0 gr. 30 de silice.

Au point de vue expérimental, pour étudier l'action

---

1. Ce sont des métasilicates  $\text{SiO}_3\text{Ca}$ ,  $\text{SiO}_3\text{Mg}$ ,  $\text{SiO}_3\text{Na}^2$ .

2. C'est un tétrasilicate  $(\text{SiO}_2)_4 \text{K}_2\text{O}$ .

physiologique et l'assimilation du silicium indépendamment de celles des éléments qui y sont combinés, il y aura avantage à choisir un composé siliceux aussi peu compliqué que possible, mais cependant bien défini, soluble et absorbable : il n'y a guère que les silicates alcalins qui répondent à ce desideratum.

Aussi je ne parlerai pas des fluosilicates (de soude, de potasse, d'ammonium) qui ont été administrés par nombre d'auteurs, mais auxquels le fluor apporte des propriétés spéciales (1) (de toxicité par exemple).

Dans les expériences que je rapporte plus loin, j'ai employé le silicate de potasse, voici pourquoi : M. le professeur Albert Robin pense que les sels de potassium doivent mieux se fixer sur l'organisme que les sels de sodium. Ces derniers s'éliminent en effet directement par les urines, tandis que les premiers doivent auparavant subir une double décomposition pour éliminer leur acide aussi à l'état de sel de soude.

Cet acide est ainsi mis en liberté pendant un temps très court ; il se trouve alors à l'état naissant et son activité physiologique ainsi que les chances de fixation sont augmentées. Pour employer une expression du professeur Pouchet, on profite aussi de « l'ébranlement moléculaire » produit par la réaction.

J'ajouterai, pour ma part, que le silicate de potasse commercial est le corps qui contient le plus de silice ; comparativement aux autres silicates, il est le plus

---

1. Voir Siegfried. *Arch. intern. Pharmac. et Thérap.*, 1901, t. IX, p. 270 et suivantes (différence capitale au point de vue de l'action sur le rein entre silicates et fluosilicates).

actif et le moins alcalin : c'est lui qui se rapproche le plus de la silice pure, sans en présenter les inconvénients pratiques examinés plus haut.

Ce n'est pas lui cependant qui a été expérimenté jusqu'à présent : les auteurs qui ont étudié la silice au point de vue biologique se sont presque tous adressés au silicate de soude. Examinons rapidement leurs travaux.

## § 2. — NOTIONS ANCIENNES

### ACTION DU SILICATE DE SOUDE SUR LES MICROORGANISMES

Il y a très longtemps que l'on administre la silice à l'intérieur. Dans l'antique médecine des Arabes, des Hindous, on employait le *tabaschir* (concrétions siliceuses de la tige des bambous ; elles renferment jusqu'à 99 o/o de silice) ; ce produit passait pour très efficace contre les fièvres, coliques et affections vénériennes (1). Au moyen âge, on utilisait déjà les silicates contre les affections lithiasiques. Le « *sal terræ* » de PARACELSE était un mélange où sans doute les silicates tenaient la plus grande place. GLAUBER vante les bons effets de l'eau silicatée dans la goutte. LERSH (1855) emploie la silice comme diurétique et contre les affections des cheveux et des os. On employait encore récemment le silicate de soude

---

1. Voir article Tabaschir : *Dict. encyclop. des sc. médic.*, 3<sup>e</sup> série, t. 15, p. 286.

contre cette maladie concurremment avec la colchique ; il est d'ailleurs réel que le silicate de soude dissout les calculs d'acide urique et liquéfie la bile (MOINET, SOCQUET).

Les premières expériences au sujet de l'action biologique du silicate de soude ont été faites sur les bactéries et les ferments. Bien que ces recherches conduisent surtout à l'emploi du silicate de soude comme antiseptique externe (emploi que je laisse volontairement de côté), j'en dirai cependant un mot, car on a cru longtemps que cette action microbicide pourrait s'exercer *in vivo*.

PICOT, RABUTEAU et PAPILLON, GREFFIER (1), C. PAUL (2) LÆWENHAUPT (3) montrent l'énergique action d'arrêt que le silicate de soude exerce sur le développement des bactéries et les fermentations diverses *in vitro* (fermentation putride du sang, fermentation alcoolique etc). Le bacille de Koch en particulier serait complètement détruit par les solutions étendues de silicate de soude.

Il est probable (c'est l'avis de Læwenhaupt, de Schulz et de beaucoup d'autres) que cette action antiseptique n'est pas due à la silice mais à la forte alcalinité du silicate commercial et même du silicate chimiquement pur dans lequel la silice, acide faible, est déplacée si facilement.

---

1. Greffier. *Guide médical des Eaux de Sail*. Paris, 1893.

2. C. Paul. *Congrès de Thérapeutique*. Paris, 1889.

3. Læwenhaupt. *Die faulniss-und Jahrungsnidriswirkung des Natrium silicium*. (Greiswald, 1889.)

L'action sur le bacille de Koch et qui aurait, on le conçoit, un intérêt de premier ordre pour nous puisque la silice joindrait ainsi à son rôle mécanique d'emprisonneur un rôle chimique contre l'ennemi à vaincre, n'est pas due à cette silice : on connaît en effet les propriétés spéciales du bacille de Koch qui le rapprochent des champignons, organismes si sensibles de l'action des alcalis : je crois que c'est aussi à l'alcalinité du silicate de soude qu'il faut attribuer les effets observés par C. Paul.

L'action du silicate de soude sur les éléments du sang est plus intéressante.

SIEGFRIED (1) trouve que les globules rouges sont détruits *in vitro* par le silicate de soude même en solution isotonique, le laquage étant d'autant plus intense que la concentration en silice est plus grande. Les globules sont de plus agglutinés. L'hémoglobine mise en liberté et qui passe dans le sérum est inaltérée.

ZICKGRAF (2) démontre que l'action sur les globules blancs *in vivo* est peu intense même après injection sous-cutanée mais se traduit cependant par une hypoleucocytose légère et passagère suivie d'hyperleucocytose par réaction.

---

1. Siegfried, *loc. cit.*

2. Zickgraf, *loc. cit.*

§ 3. — ACTION DES SILICATES SUR LES  
ANIMAUX SUPÉREURS APRÈS INGESTION BUCCALE

I. — Les premiers expérimentateurs avaient cru démontrer que le silicate de soude était un poison relativement violent. BERENS (1) observe en effet sur lui-même des accidents légers (nausées, affaiblissement et ralentissement du pouls) après avoir pris par la bouche 0 gr. 05 de silicate de soude ; il répète l'expérience chez trois sujets différents et obtient les mêmes résultats.

Auparavant PICOT (2) avait montré qu'on tuait un lapin en lui faisant prendre par la bouche 1 gramme de silicate de soude à la fois.

Cette dernière dose est énorme et nullement nécessaire au point de vue thérapeutique. (Elle correspondrait pour l'homme à une dose de 20 à 30 grammes de silicate à la fois !) De plus les résultats observés par Berens n'ont pas été confirmés.

SIEGFRIED donne pendant plus d'un mois 0 gr. 50 de silicate de soude par jour à des chiens de 7 à 8 kilos et n'observe aucun accident. Des poules supportent sans inconvénient les doses longtemps continuées de 0 gr. 25 par jour.

D'ailleurs depuis longtemps en Allemagne certains expérimentateurs donnent à des malades, à des

---

1. Berens, *Therap. Gazette*, 1888, p. 443.

2. Picot, *Comptes rendus Ac. des Sciences*, 1873, t. LXXVI, p. 99-103.

tuberculeux, le silicate de soude à la dose de 1 à 2 grammes par jour sans observer d'effets nuisibles.

WEICKER (1), ROHDEN (2), ZIKGRAF ont ainsi administré la silice sous diverses formes à doses relativement élevées et n'ont jamais observé d'accidents d'intoxication même légère.

J'ai moi-même à plusieurs reprises absorbé 1 gramme de silice à la fois en solution potassique (soit 1 gr. 35 environ de tétrasilicate de potasse) et je n'en ai jamais ressenti (à part une fois, de légères nausées provoquées par le goût de lessive très désagréable de la solution) le moindre malaise. *J'ai pris chaque fois d'heure en heure mon pouls et n'ai pu y trouver à aucun moment la moindre modification de rythme ou de tension; les urines n'ont jamais été albumineuses.* Les quelques malades à qui j'ai donné du silicate de potasse (0 gr. 50 à 1 gr. 50 à la fois) n'ont jamais rien éprouvé d'anormal, leurs urines n'ont jamais rien présenté d'anormal non plus. Dans ces expériences j'ai employé la solution concentrée de silicate de potasse du commerce seulement étendue d'un grand volume d'eau ou de lait.

La question est donc définitivement jugée à l'heure actuelle. Ni le silicate de soude ordinaire, ni le silicate de potasse, ni même des solutions commerciales

---

1. Weicker, cité par Kobert, Schulz.

2. Rohden, XX<sup>e</sup> Congres fur innere Medizin (Wiesbaden, 1902, p. 448. *Deutsche medicin Zeitung.*, n<sup>o</sup> 110, 1902, p. 1189.)

très alcalines de verre soluble n'ont de propriétés toxiques à la dose de 1 à 2 grammes à la fois.

II. — Si les silicates alcalins n'ont pas d'action nuisible sur l'organisme, ont-ils du moins une action générale utile ?

Les travaux sur ce sujet sont assez peu précis : cependant l'opinion générale des auteurs est la suivante : la silice et les silicates alcalins sont capables à la longue d'exercer la plus heureuse influence sur la nutrition. On emploie depuis longtemps les silicates dans les maladies consomptives : diabète (PICOT), cancer (BALLYE) (1) et les effets observés sont excellents. ZICKGRAF (2) dit textuellement que la silice *relève* la nutrition. ROHDEN (3) fait jouer au silicium outre un rôle plastique de soutien, un rôle capital dans le fonctionnement général de l'organisme; il note l'absence de rachitisme dans les régions où les eaux sont très siliceuses. Enfin OLIVIER (4) a éprouvé sur lui-même, à longue échéance il est vrai, mais de façon indiscutable à son avis les bons effets de la silice contre l'artériosclérose : elle modifie heureusement, ajoute-t-il, le lymphatisme et la scrofule.

En voilà assez pour faire espérer que l'absorption de silice ne pourra qu'être favorable aux tuberculeux.

---

1. Ballye, *Edimburg medical journal*, t. XX, 1874, p. 420,

2. *Loc. cit.*

3. *XX<sup>e</sup> congrès f. innere medizin* (déjà cité).

4. Olivier. *Gaz. des eaux* (1905), p. 9.

§ 4. — ACTION DES SILICATES APRÈS INJECTION  
SOUS-CUTANÉE ET INTRAVEINEUSE

Elle semble beaucoup moins favorable. D'après RABUTEAU et PAPILLON, PICOT, les lapins sont tués par une injection sous-cutanée de 0 gr. 70 de silicate de soude ; par la voie veineuse ce même sel est mortel pour eux à la dose de 0 gr. 50. Des chiens de moyenne taille ne résistent pas à une injection dans les veines de 10 centimètres cubes de la solution à 1/10.

SIEGFRIED (1) a repris en détail ces expériences : il arrive à cette conclusion que le silicate de soude porté directement dans les veines même à dose faible (0 gr. 015 chez un chat) agglutine les globules du sang, crée ainsi des thromboses et des hémorragies multiples dans les organes chargés d'éliminer la silice (rein, tube digestif).

Pour arriver au même fâcheux résultat après absorption buccale il faudrait sans doute employer des doses énormes de silicate, celui-ci ne passant à travers l'intestin qu'en petite quantité.

§ 5. — RÉSUMÉ. — CONCLUSIONS PRATIQUES

Si l'injection sous-cutanée ou intraveineuse de silicates alcalins peut être la cause, par l'altération des

---

1. *Loc. cit.*

éléments figurés du sang qu'elle provoque, d'accidents sérieux, l'administration des mêmes sels par la voie digestive ne présente aucun inconvénient.

On peut et on doit les employer contre la tuberculose pour les raisons indiquées à la fin du précédent chapitre.

On combinera leur administration avec le traitement hygiénique et les divers traitements médicamenteux actuellement en usage : pour cela, on ajoutera quotidiennement à l'alimentation une ration faible de silice assimilable (0 gr. 10 à 0 gr. 20 de silicate alcalin par exemple) et on poursuivra cette médication aussi longtemps qu'on le voudra.

On ne peut encore, à l'heure actuelle, juger de l'efficacité réelle de cette médication silicatée contre la tuberculose pulmonaire ; les travaux en cours en Allemagne, ceux de M. le professeur Albert Robin, viendront sans doute bientôt éclairer cette captivante question. Il nous suffit, pour le moment, de connaître l'innocuité complète d'un traitement, d'ailleurs très rationnel, pour nous engager à poursuivre des expériences que le temps seul peut rendre décisives.

---



## CHAPITRE IV

---

### COMMENT SE COMPORTE LA SILICE A TRAVERS L'ORGANISME

#### § 1. — HISTORIQUE

La silice ingérée avec les aliments est certainement absorbée en partie, puisqu'on en retrouve dans le sang et presque tous les organes : j'ai longuement insisté sur ce point dans le premier chapitre.

La silice artificiellement ajoutée à la ration alimentaire se comporte-t-elle de même ? Les premiers auteurs qui ont étudié cette question, WILDT (1) et WILCKENS (2) n'ont jamais pu se mettre d'accord sans doute parce qu'ils opéraient dans des conditions trop différentes.

Ce n'est que récemment qu'on a pu démontrer que réellement la silice administrée sous forme de silicates alcalins était absorbée par le tube digestif.

SIEGFRIED (3), puis ROHDEN, en effet, ont trouvé

---

1. Wildt, *Göttinger Journal für Landwirtschaft*, 1874, 1<sup>er</sup> fascicule.

2. Wilckens, *Zeitschrift für Biologie*, t. XIV, 1878 ; t. XV, 1879.

3. *Loc. cit.*

que la teneur de l'urine en silice augmentait sensiblement à la suite de l'ingestion de silicate de soude. Mais ils n'ont fait que des expériences qualitatives (épreuve du silicomolybdate d'ammonium) de la perle de phosphate, de la cristallisation du fluosilicate de soude) et ils n'ont pu tirer leurs conclusions que de la constatation très empirique d'une simple variation dans l'intensité de leurs réactions.

ZICKGRAF a, au contraire, dosé dans sept cas la silice urinaire avant et après l'administration de 1 gramme de silicate de soude par la voie buccale ; il a trouvé qu'en moyenne la quantité de silice doublait dans les urines émises pendant les ving-quatre heures suivant l'absorption (0 gr. 040 avant et 0 gr. 080 après).

La silice médicamenteuse passe donc dans le sang et s'élimine au moins en partie par le rein.

J'ai voulu reprendre de façon un peu plus précise les expériences de Zickgraf pour étudier l'absorption d'abord, l'assimilation ensuite de la silice dans des conditions déterminées ; je n'ai fait porter mes expériences que sur une seule forme de silice, le tétrasilicate de potasse à une dose fixe ; il est évident que les résultats seraient peut-être tout autres avec un autre médicament à une dose différente. On me pardonnera d'avoir ainsi limité mon champ d'expérience : les dosages effectués sont longs et délicats et plusieurs mois de travail de laboratoire ne m'ont pas suffi à épuiser l'étude du seul silicate de potasse.

J'ai employé ce sel sous forme de solution aqueuse en m'adressant simplement au produit connu dans le commerce sous le nom de silicate de potasse liquide. J'y ai dosé la silice par le procédé classique et ai trouvé qu'il renfermait sensiblement 0 gr. 252 de silice  $\text{SiO}_2$  par centimètre cube ; un autre dosage effectué à la fin de mes expériences, pour m'assurer que le titre n'avait pas varié, m'a fourni le chiffre de 0 gr. 249. La variation observée est insignifiante, en tous cas inférieure aux erreurs inévitables des expériences de chimie biologique. J'ai admis que l'échantillon de silicate que j'avais entre les mains contenait 1 gramme de silice pour 4 centimètres cubes.

Je me suis ensuite assuré d'une technique sûre pour mes dosages : c'est elle que je rapporte en détail dans le paragraphe suivant.

## § 2. — TECHNIQUE

J'ai dû doser la silice dans l'urine, dans les matières fécales, dans le lait.

I. *Dans l'urine.* — Il est indispensable, pour arriver à des résultats suffisamment précis, d'extraire toute la silice d'une grande quantité de liquide. Zickgraf, dans les expériences dont j'ai déjà parlé, n'opère que sur le dixième des urines de vingt-quatre heures ; c'est insuffisant, à mon avis : 1° parce que la pesée finale ne porte ainsi que sur quelques milligrammes (3 à 10 d'après Ziekgraf) ; 2° parce que

l'erreur absolue due aux poussières de l'air, à la silice des réactifs et des récipients, si faible soit-elle, est à peu près la même, que l'on opère sur beaucoup ou sur peu de matière, et, par conséquent, l'erreur relative, seule intéressante, beaucoup plus forte lorsqu'on opère sur peu. Aussi ma *prise d'essai* a-t-elle toujours été de *500 centimètres cubes*.

Le dosage comporte trois parties : l'évaporation à sec, l'incinération, l'extraction de la silice des cendres.

L'évaporation peut être faite sans ménagements, à haute température, puisqu'on n'a à doser qu'une matière absolument fixe. A la condition, bien entendu, d'éviter les projections (ce qui est facile dans une étuve chauffant bien uniformément toutes ses parois), il y a avantage à l'effectuer à la plus haute température possible et à la pousser le plus loin possible : il est même bon d'atteindre un début de carbonisation, si l'on veut que l'incinération se fasse ensuite sans boursoufflement par trop considérable. Je suis arrivé facilement à ce résultat, en laissant le demi-litre d'urine pendant vingt-quatre heures dans une étuve à air sec vers 150 degrés.

J'obtiens alors une matière poreuse brun noirâtre, que je transvase dans une grande capsule de platine à l'aide d'une spatule métallique : avec un peu d'attention, il est facile de ne laisser adhérer à la première capsule que des traces peu importantes de substance ; la perte qui en résulte cause une erreur bien inférieure à l'erreur de la pesée finale. On pour-

rait, il est vrai, théoriquement, l'éviter en lavant la capsule de porcelaine à l'eau chargée d'acide azotique, mais cela nécessiterait une deuxième dessiccation qui s'accompagne toujours d'un énorme boursoufflement ; de plus, lors de l'incinération, les azotates formés sont la cause de projections presque inévitables ; je m'en suis assuré plus d'une fois.

L'incinération du résidu sec se fera en deux phases :

1<sup>e</sup> Carbonisation complète au rouge sombre, qui demande environ une demi-heure.

2<sup>o</sup> Epuisement à l'eau distillée chaude du charbon poreux obtenu bien trituré, filtration sur un filtre sans cendres ; dessiccation et incinération du filtre et du charbon qu'il retient ; cette incinération exige, pour être complète, environ une heure. On obtient alors : *A*) une liqueur aqueuse, contenant les sels solubles ; *B*) une cendre blanchâtre, formée des sels insolubles dans l'eau pure.

On fond alors au rouge vif la cendre *B* avec trois fois son volume environ de carbonate de potasse pur, laisse refroidir, reprend par le moins possible d'eau chaude pour dissoudre tous les sels de potassium, filtre, lave une ou deux fois et ajoute le liquide alcalin *B* ainsi obtenu à la liqueur *A*.

On dose la silice dans le liquide total obtenu par le procédé ordinaire de dosage de la silice dans les solutions de silicates alcalins : réduction à un volume de 10 à 20 centimètres cubes, addition ménagée (pour éviter les projections dues à un brusque déga-

gement de gaz carbonique) d'autant d'acide chlorhydrique pur en triturant soigneusement pour avoir une solution ou une bouillie hémogène, évaporation complète à l'étuve, *légère* calcination à feu neu pour bien insolubiliser la silice : toutes ces opérations se feront dans une capsule de porcelaine, car au moment de la dernière calcination à feu neu la capsule de platine offrirait l'inconvénient de s'échauffer trop vite, d'élever sa température brusquement jusqu'au rouge et de permettre ainsi une recombinaison de la silice aux bases.

La capsule de porcelaine, à la condition qu'elle soit absolument intacte avant et après l'opération, ne cède pas de silice à la matière chauffée comme il est facile des'en assurer par un dosage à blanc. Cette calcination légère devra se faire vers 250 degrés environ, c'est-à-dire qu'on ne devra jamais la pousser jusqu'au rouge, même naissant.

On reprend la masse obtenue par l'eau légèrement acidulée, filtre sur un filtre sans cendres ; la silice reste adhérente au filtre sous forme d'un enduit jaunâtre quelquefois à peine visible : on le lavera à fond (c'est-à-dire jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus l'azotate d'argent). Il suffit, pour terminer le dosage, de dessécher, incinérer dans un creuset de platine et peser le filtre et son enduit. Il faut absolument obtenir un produit final bien blanc et pour cela l'imbiber à plusieurs reprises d'acide nitrique, puis le porter au rouge petit à petit. *Il faudra toujours vérifier la pureté de la silice*

*obtenue* de la façon suivante : on la délaye dans quelques gouttes d'une solution concentrée de fluorure d'ammonium pur, évapore à sec, puis porte au rouge : il ne devra rester dans le creuset que des traces impondérables de matière : s'il en restait un poids appréciable, il faudrait le défalquer du poids trouvé pour la silice impure : cela serait signe, d'ailleurs, d'une faute commise dans le dosage et pourrait le faire suspecter si le poids d'impuretés atteignait plusieurs milligrammes.

Cette technique diffère de celle de Zickgraf par le point suivant : cet auteur fond avec le carbonate de potasse tout le salin urinaire (et pas seulement la partie insoluble dans l'eau pure) : j'ai fait plusieurs dosages par ce procédé et me suis aperçu d'une importante cause d'erreur lorsqu'on opère sur beaucoup d'urine : dans ces conditions, le carbonate de potasse, même à la dose de plusieurs grammes, n'attaque pas la totalité des silicates insolubles, sans doute parce qu'ils sont englobés dans une grande masse de chlorure de sodium : on retrouve, avec le résidu de carbonates terreux, *plus de la moitié* de la silice totale de l'urine. Zickgraf s'est probablement mis à l'abri de cette erreur en employant un grand excès de carbonate alcalin par rapport au salin urinaire traité, ce qu'il pouvait faire, puisqu'il n'opérait que sur peu de matière ; mais avec le salin de 500 centimètres cubes d'urine (soit 8 grammes environ), 10 grammes de carbonate sont encore insuffisants à décomposer tous les silicates terreux,

alors qu'ils fournissent une masse fondue déjà considérable et difficile à traiter sans pertes.

Voici, pour terminer ce qui a trait au dosage de la silice dans les urines quelques chiffres qui justifieront expérimentalement la technique employée : 1 litre d'une même urine est divisé en trois portions de 500, 250 et 250 centimètres cubes.

1° 500 centimètres cubes fournissent 0 gr. 011 de silice ;

2° 250 centimètres cubes fournissent 0 gr. 006 de silice ;

3° Aux 250 centimètres cubes qui restent, on ajoute à l'aide de la solution titrée de silicate de potasse, 0 gr. 025 de silice ; on retrouve en tout 0 gr. 30 de silice.

On peut en conclure : d'abord que la silice extraite ne provient pas en quantité appréciable des réactifs ou des récipients, puisque, le dosage étant effectué dans des conditions identiques (mêmes récipients, mêmes réactifs en égale quantité, etc.), la quantité de silice retrouvée est à peu près proportionnelle à la prise d'essai ; ensuite qu'il doit y avoir peu de pertes, puisqu'on retrouve en plus, à 1 milligramme près sur 25, tout ce qu'on ajoute.

On voit cependant qu'en opérant seulement sur 250 centimètres cubes, on a des résultats un peu forts : nous avons vu pourquoi au début de ce paragraphe ; l'observation présente montre que réellement il y a avantage à opérer sur une plus grande quantité.

Ces expériences nous apprennent enfin que *nous pourrions compter sur un résultat final exact à un milligramme près environ* : c'est là évidemment une approximation grossière, lorsque le poids de silice trouvée sera inférieur à 0 gr. 010, par exemple ; mais je ne crois pas que l'on puisse espérer atteindre une précision beaucoup plus grande dans un genre d'opérations comme celles-ci. Il faut toujours, dans ces sortes de recherches, connaître l'erreur que l'on fait, et l'on pourrait quelquefois reprocher aux auteurs de faire tabler des conclusions sur des différences de chiffres très inférieures aux erreurs inévitables de leurs expériences ; je n'ai pas voulu tomber dans cette faute : c'est pourquoi j'ai insisté sur ces détails de technique : j'espère que leur utilité me fera pardonner la longueur de leur exposition.

II. — *Dans les matières fécales.* — J'ai opéré, en général, sur les matières d'une selle, soit *150 grammes environ*. La dessiccation est rapide ; l'incinération se fait en une seule opération et demande deux à trois heures : elle peut s'effectuer en présence d'acide nitrique, car il ne se forme pas, comme avec le salin urinaire, d'azotates explosifs, et l'acide azotique se contente d'oxyder le charbon en fusant doucement.

Pour doser la silice des cendres blanches obtenues, il est inutile de traiter la totalité par le carbonate alcalin en fusion, car cela en exigerait, pour que l'attaque soit complète, une masse trop considérable. Il suffira de dissoudre les cendres dans l'acide chlorhydrique et de ne traiter par le carbonate que la

partie insoluble, s'il y en a (ce qui ne m'est jamais arrivé d'ailleurs). On extraira la silice de la solution chlorhydrique par le procédé ordinaire : la filtration de la silice obtenue se fera en liqueur très acide pour dissoudre la majeure partie des phosphates : la silice qui restera sur le filtre sera cependant très impure, car au lieu de ne provenir (cas de l'urine avec la technique indiquée) que de silicates alcalins facilement dissociables, elle provient surtout de silicates terreux beaucoup plus stables et retient par conséquent des bases terreuses avec elles ; il faudra lui faire subir le même traitement qu'à la cendre urinaire que j'ai appelée B dans le paragraphe précédent.

III. — *Dans le lait.* — J'ai opéré sur *un litre de lait*. Rien de particulier à signaler ; le temps le plus délicat de l'opération est le transvasement de la masse dure desséchée dans la capsule de platine : pour pouvoir concasser sans pertes le volumineux résidu sec du lait, il faudra soigneusement l'envelopper dans un linge glacé et le briser petit à petit avec les mains ; en opérant avec attention, il ne reste après l'étoffe que des parcelles insignifiantes de matière, ainsi qu'une quantité appréciable de beurre, mais qui doit contenir bien peu de silice.

### § 3. — BILAN NUTRITIF DE LA SILICE

I. *Marche générale des expériences.* — L'établissement du bilan nutritif d'une substance donnée,

c'est-à-dire la recherche des proportions relatives de cette substance qui sont ingérées, rejetées par l'anus et éliminées (par l'urine et accessoirement la sueur, les produits de l'expiration (1), etc.) ne peut être effectué que d'une façon approximative.

Lorsque la substance étudiée ne fait pas partie de l'alimentation ordinaire et n'est donnée qu'une seule fois, en quantité déterminée, on peut établir son bilan en la dosant dans les urines et les matières jusqu'à ce qu'elle en disparaisse : on obtient du même coup la durée de la traversée digestive et celle de l'élimination ; encore faut-il que l'élimination ne se fasse pas par l'intestin ce dont on est jamais sûr *a priori*. En tous cas la différence qui existe entre les ingesta et les excréta totaux, lorsque tout est rentré dans l'ordre ordinaire, représente bien la proportion fixée ou détruite par l'organisme.

Mais lorsque (et c'est le cas pour la silice) la substance étudiée fait partie de l'alimentation quotidienne, il faut se résigner à ignorer la durée de l'élimination et même de la traversée digestive et se contenter de connaître ce qui est fixé ou détruit par vingt-quatre heures : il suffit pour cela lorsque les ingesta sont bien connus et les excréta journaliers sans variations (du moins en ce qui concerne l'aliment étudié) d'y doser cet aliment ; cela ne peut se faire, ajoutons-le, que chez un sujet ayant un régime intestinal très régulier (une ou deux selles

---

1. Je les négligerai en ce qui concerne la silice.

tous les jours aux mêmes heures correspondant alors évidemment à une période de vingt-quatre heures consécutives). La seule difficulté consiste à doser l'aliment étudié dans les ingesta : le mieux est alors de s'adresser au régime lacté absolu, le lait étant un liquide très constant de composition lorsqu'il provient d'une source fixe, et son étude chimique étant relativement simple.

C'est pour cela que j'ai effectué plusieurs dosages de *silice dans le lait* : j'ai trouvé pour le lait de l'assistance publique ainsi que pour un lait de la ville employé à mon usage personnel *0 gr. 005 de silice par litre*. Je ne connais pas de nombreux dosages d'auteurs à ce sujet. Cependant WEBER (cité par *Frémy* : encyclopédie chimique) trouve que les cendres du lait contiennent 0,9 0/0 de silice ce qui donne 0 gr. 0067 pour 7 gr. 50 de cendres d'un litre de lait (chiffre constant de DUCLAUX). Le chiffre de 0 gr. 005 que je donne concorde donc assez bien avec ce chiffre de Weber qu'on peut appeler classique.

J'ai d'abord essayé pour établir le bilan nutritif de la silice de mettre des convalescents d'hôpital, des tuberculeux et moi-même au régime lacté. Malheureusement ce changement de régime détruit complètement la régularité des fonctions intestinales et même après plusieurs jours il était impossible de savoir même grossièrement la quantité de matières fécales correspondant à une période de vingt-quatre heures.

*Aussi ai-je dû abandonner l'alimentation lactée et recourir de nouveau malgré son imprécision à un régime plus normal aussi fixe que possible.*

La silice ingérée ne pouvait alors être connue que très grossièrement d'après les dosages assez peu concordants des différents auteurs et il n'y avait pas à songer à établir un bilan nutritif de la silice alimentaire ordinaire : j'ai seulement essayé de l'établir approximativement pour la silice ajoutée à dose massive à l'alimentation et cela de la façon suivante : lorsque la silice ne varie plus dans les urines et les matières (et l'expérience m'a montré que cela arrive vite lorsque le régime est suffisamment constant) on note les valeurs trouvées ; on donne alors une quantité connue et assez considérable de silice qu'on ajoute à l'alimentation. On dose à nouveau la silice des urines et des matières fécales jusqu'à ce qu'elle soit revenue à ce qu'elle était avant l'absorption médicamenteuse. Connaissant la part qui revient dans les excréta à la silice de l'alimentation ordinaire, il est facile de connaître grossièrement le bilan de la silice qu'on y ajoute.

J'ai d'abord appliqué ce mode opératoire à moi-même.

## II. — Résultats

|                                           |         |
|-------------------------------------------|---------|
| 1 <sup>o</sup> Régime suivi (1) Pain..... | 750 gr. |
| Viande.....                               | 300 »   |

---

1. Voici d'après les chiffres des auteurs pour la silice des aliments (voir chap. premier), la silice correspondant à ce régime :

|                |         |
|----------------|---------|
| Légumes.....   | 100 »   |
| Vin.....       | 300 »   |
| Eau et sels... | 1.500 » |

|                                                  |   |                   |   |           |
|--------------------------------------------------|---|-------------------|---|-----------|
| <i>Silice trouvée</i><br>par vingt-quatre heures | { | dans les matières | { | 0 gr. 085 |
|                                                  |   |                   | { | à         |
|                                                  | { | dans les urines   | { | 0 gr. 090 |
|                                                  |   |                   | { | 0 gr. 023 |
|                                                  |   |                   | { | à         |
|                                                  |   |                   | { | 0 gr. 025 |

soit un total de 0 gr. 108 à 0 gr. 115 de silice dans les excréta. La silice ingérée est en quantité à peu près égale (voir note du bas de la page), mais trop mal connue pour qu'on puisse songer à établir une comparaison vraiment instructive.

2<sup>e</sup> Régime suivi. — Le même que précédemment auquel on ajoute le premier jour 1 gramme de silice le matin à jeûn à 9 heures après avoir été à la selle.

On recueille les matières les jours suivants à la même heure et les urines de neuf heures en neuf heures.

|                                              |   |               |           |
|----------------------------------------------|---|---------------|-----------|
| <i>Silice trouvée</i> : 1 <sup>er</sup> jour | { | matières..... | 0 gr. 678 |
|                                              | { | urines.....   | 0 gr. 123 |

|               |   |               |       |
|---------------|---|---------------|-------|
| Deuxième jour | { | matières..... | 0,308 |
|               | { | urines.....   | 0,017 |

|                |   |               |       |
|----------------|---|---------------|-------|
| Troisième jour | { | matières..... | 0,100 |
|                | { | urines.....   | 0,036 |

|                |   |               |       |
|----------------|---|---------------|-------|
| Quatrième jour | { | matières..... | 0,086 |
|                | { | urines.....   | 0,034 |

|                                                               |           |                  |
|---------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
| Pour le pain (750 gr., soit 8 gr. de cendres).....            | 0 gr. 045 | } tot. 0 gr. 107 |
| Pour la viande (300 gr., soit 3 gr. 20 de cendres).....       | 0 gr. 012 |                  |
| Pour les légumes (100 gr., soit 1 gr. de cendres).....        | 0 gr. 010 |                  |
| Pour le reste (2.000 gr. environ, soit 8 gr. de cendres)..... | 0 gr. 040 |                  |
|                                                               |           |                  |

On interrompt les dosages de silice dans les matières qui sont redevenues normales : on continue ceux de l'urine et l'on trouve :

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| Cinquième jour : urines.....  | 0,030 |
| Sixième       »       » ..... | 0,037 |
| Septième     »       » .....  | 0,028 |
| Huitième     »       » .....  | 0,022 |
| Neuvième    »       » .....   | 0,023 |

On interrompt tous les dosages puisque tout est rentré dans l'ordre.

*Conclusions. — En défalquant pour tenir compte de la silice alimentaire 0 gr. 090 de chaque dosage de silice dans les matières et 0 gr. 023 dans les urines on peut calculer que, sur 1 gramme de silice médicamenteuse ingérée, l'intestin en rejette 0 gr. 80 et en absorbe 0 gr. 20 environ.*

*Sur ces 0 gr. 20 le rein en élimine 0 gr. 10 dès le premier jour. Il reste 0 gr. 10 dont 0 gr. 05 sont éliminés les jours suivants.*

On ne peut guère conclure que les 5 derniers centigrammes sont définitivement fixés, car les pertes de toutes sortes dans la récolte des excreta et cette longue série de dosages atteignent probablement cette quantité.

Le fait intéressant et évident et qu'il faut retenir est le suivant : *la silice absorbée ne s'élimine pas tout entière immédiatement, mais il s'en fixe provisoirement une partie qui quitte petit à petit l'organisme en une semaine environ.*

Je n'ai pas pu multiplier les vérifications car sur plu-

sieurs séries de dosages effectués, seule celle dont les résultats sont écrits ci-dessus a réussi jusqu'au bout. Cependant les chiffres isolés fournis par les autres étant absolument comparables aux chiffres correspondants de la série complète, il faut en déduire que les conclusions que je viens d'émettre sont à peu près générales.

§ 4. — AU BOUT DE COMBIEN DE TEMPS LA SILICE  
APPARAÎT-ELLE DANS L'URINE ?

Très rapidement comme le montre la série suivante de dosages après ingestion de 1 gramme de silice :

*Silice des urines :*

Au bout de deux heures, traces inférieures à : 0 gr. 002

Dans les deux heures qui suivent :..... 0 gr. 079

(urines alcalines)

Dans les deux heures suivantes :..... 0 gr. 022

Pour le reste de la journée..... 0 gr. 019

soit un total de 120 milligrammes environ.

Les matières du lendemain matin contenaient 0 gr. 667 de silice : l'absorption a donc bien suivi la même marche que dans la première série d'expériences.

J'ajoute que l'élimination doit surtout se faire pendant la troisième heure, car dans une troisième série commencée (inachevée d'ailleurs), j'ai trouvé dans mes urines 0 gr. 067 de silice trois heures après l'ingestion.

§ 5.— QUELQUES EXPÉRIENCES  
CHEZ LES BACILLAIRES

J'ai essayé de répéter sur des tuberculeux les expériences précédemment faites sur moi-même. Malheureusement il m'a été impossible de contrôler si la récolte des matières fécales avait été soigneusement faite et les variations considérables observées dans les chiffres trouvés pendant plusieurs jours consécutifs ne peuvent permettre aucune conclusion relative à l'absorption de la silice par l'intestin.

Voyons cependant si, par l'examen des seules urines, nous pourrions obtenir des renseignements utiles.

OBSERVATION I

Julia C..., ménagère, vingt-sept ans, présentant du côté maternel des antécédents bacillaires et ayant une sœur soignée chez elle pour hémoptysies. Entre à l'hôpital Beaujon (service du professeur Albert Robin) pour fatigue et faiblesse générale. La maladie a débuté à la suite d'un refroidissement prolongé et d'une bronchite.

Amaigrissement considérable (15 livres en deux mois), toux légère, crachats peu abondants, peu typiques, état général assez satisfaisant : appétit conservé, peu de fièvre ; pouls : 112.

L'examen de l'appareil pulmonaire fait découvrir une cavité au sommet gauche et une infiltration déjà avancée du sommet droit.

Régime lacté.

Les urines contiennent 0 gr. 007 de silice par vingt-quatre heures.

Après ingestion de 1 gramme de silice on trouve dans les urines.

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| Le premier jour.....   | 0 gr. 20 de silice |
| Le deuxième jour.....  | 0 gr. 10 »         |
| Le troisième jour..... | 0 gr. 04 »         |
| Le quatrième jour..... | 0 gr. 03 »         |
| Le cinquième jour..... | 0 gr. 01 »         |
| Le sixième jour.....   | 0 gr. 009 »        |

L'absorption a été plus complète que chez l'individu normal et l'élimination plus rapide : elle semble à peu près terminée dès le cinquième jour.

## OBSERVATION II

Marius C..., vingt-huit ans, fumiste, pas d'antécédents pathologiques, entre à l'hôpital Beaujon (service du professeur Albert Robin) pour pertes des forces et de l'appétit. Amaigrissement de 30 livres (?) en un mois et demi ; ni toux, ni crachats mais sueurs légères le matin au réveil : légère température (38 degrés), céphalalgie.

L'examen de l'appareil pulmonaire révèle une tuberculose au début des deux sommets (douleur à la percussion, submatité, craquements secs, inspiration prolongée et soufflante.)

Régime lacté.

Les urines contiennent 0 gr. 014 de silice par vingt-quatre heures.

Après absorption d'un gramme de silice on trouve dans les urines

|                        |           |           |
|------------------------|-----------|-----------|
| Le premier jour.....   | 0 gr. 220 | de silice |
| Le deuxième jour.....  | 0 gr. 021 | »         |
| Le troisième jour..... | 0 gr. 015 | »         |
| Le quatrième jour..... | 0 gr. 012 | »         |
| Le cinquième jour..... | 0 gr. 016 | »         |

l'absorption a été assez intense : la fixation provisoire est nulle.

*Conclusion.* — Chez les deux bacillaires étudiés l'absorption de la silice a été plus complète que chez l'individu normal et la fixation provisoire beaucoup moins accentuée : elle est même nulle chez l'un d'eux : l'absence de dosages de silice dans les matières ne permet de se faire aucune idée sur une fixation définitive possible.

L'étude de la fixation de silice chez le bacillaire est à reprendre complètement.

---



## CONCLUSIONS

---

I. — La déminéralisation probable de l'organisme tuberculeux en silice, la tendance nette à la silicification des lésions tuberculeuses du poumon, le rôle capital que joue la silice dans la formation du tissu fibreux, l'action générale bienfaisante qu'elle exerce sur l'économie doivent autoriser les cliniciens à donner les silicates contre la tuberculose pulmonaire pour aider à la transformation fibro-minérale des régions atteintes.

II. — La silice administrée par la voie buccale sous forme de silicate de potasse passe en petite quantité dans le sang et s'élimine en partie par le rein. Il s'en fixe, au moins d'une façon *provisoire*, quelques centièmes.

III. — Il est très difficile, par des expériences de laboratoire, forcément très courtes, de démontrer de façon évidente une fixation *définitive* de la silice sur l'organisme sain ou tuberculeux et seule la clinique, en étudiant en détail les effets du traitement, peut fournir à cette question une réponse vraiment décisive.

---



## BIBLIOGRAPHIE

---

- Astolfoni*. — Arch. d. Farm. et Terap. Palerme, 1906, t. XII, p. 73.
- Ballye*. — Edimburg Medical Journal, 1874, t. XX, p. 420.
- Berens*. — Therap. Gazette, 1883, p. 443.
- Bunge*. — Lehrbuch der Biolog Chemie (1), passim.  
— Lehrbuch der physiologie des Menschen.
- Cerny*. — Zeitschrift für Physiologische Chemie, 1909, t. LXII, p. 296.
- Dammer*. — Anorganische Chemie, 1894, passim.
- Drechsel*. — Zentralblatt für Physiologie, t. XI, p. 361.
- Durand-Fardel*. — Traité des Eaux minérales, passim.
- Felix*. — Emploi thérapeutique des Silicates alcalins et des Eaux minérales naturelles silicatées. Paris, 1898.
- Franenberger*. — Zeitsch. f. Physiol. Chemie, t. LXVII, p. 17.
- Gorup-Besanez*. — Annalen d. Chemie, u. Pharm., 1847, t. LXI, p. 46.  
— Annalen d. Chemie u. Pharm., 1848, t. LXVI, p. 321.  
— Lehrbuch d. Physiol. Chemie, 1867, passim.
- Greffier*. — Guide médical des Eaux de Sail. Paris, 1893.
- Hammarsten*. — Physiologische Chemie, passim.
- Henneberg*. — Ann. d. Chem. und Pharm., 1847, t. LXI, p. 261.
- Hoppe-Seigler*. — Lehrbuch der Physiol. Chemie, p. 69.
- Kall*. — Inaugural-dissertation. Würtzburg, 1898.
- 

1. On pourrait consulter l'excellente traduction française de Jacquet.

- Kobert.* — Archives internationales de Pharmacodynamie et de Thérapie, 1901, fascicule 9, p. 285.
- Kühne.* — Zeits. f. Physiol. Chemie, 1890, t. IX, p. 172 (nouvelle série).
- Ladenburg.* — Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft, t. V, p. 568.
- Lange.* — Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft, t. XI, p. 822.
- Læwenhaupt.* — Die Faulniss- und Jahrunignidrigwirkung des Natrium Silicium. Greiswald, 1889.
- Mossa.* — Zeitsch. f. d. Berlin. homœopathisch. Aerzte, 1889, t. VIII, p. 257.
- Neumeister.* — Physiologische Chemie, 1897.
- Olivier.* — Gazette des Eaux, 1905, t. LVIII, p. 9.
- Paul.* — Congrès de Thérapeutique. Paris, 1889.
- Picot.* — Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1873, t. LXXVI, p. 99.
- Putel.* — Thèse de Paris, 1873.
- Rabuteau et Papillon.* — Comptes rendus Ac. Sciences, 1872.
- Roberts.* — Chem. Societ., t. VI, p. 274.
- Robin (Albert).* — Bulletin médical, 1907, t. XXI, p. 169.  
— Bulletin mensuel de la Société d'Études scientifiques sur la Tuberculose, février 1907.
- Robin (Albert).* — Bulletin général de thérapeutique, janvier-février 1909.
- Roger.* — Ann. d. Chem. u. Pharm., 1848, t. LXV, p. 85.
- Rohden.* — Deutch. medicin. Zeitung, 1902, n° 110, p. 1189.  
— Verhandlungen der XX Congres fur innere Medizin Wiesbaden, 1902, p. 448.
- Schulz.* — Pflügers'archiv., 1901, t. LXXXIV, p. 67.  
— Pflügers'archiv., 1902, t. LXXXIX, p. 112.  
— Münch. medicin. Wochenschrift, 1902, p. 440.  
— Bull. de la Soc. chimique, 1902, t. XXVIII, p. 766.
- Siegfried.* — Arch. intern. Pharmacodyn et thérapie, 1901, t. IX, p. 225.
- Strassburger.* — Lehrbuch der Botanik, 1895, p. 147.

- Wildt.* — Göttinger Journal f. Landwirtschaft, 1874,  
1<sup>er</sup> fascicule.  
*Wilckens.* — Zeit. f. biologie, 1878, t. XIV et 1879, t. XV.  
*Woskressensky.* — Centralblatt f. allgemeine Path. und  
pathol. anat., 1898, t. IX, p. 296.  
*Zickgraf.* — Beiträge z. Klin. der Tubercul., 1906, t. V,  
p. 399.
- 

Vu : le Président de la thèse

ALBERT ROBIN

Vu : le Doyen

LANDOUZY

Vu, et permis d'imprimer,  
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris.

LIARD



## TABLE DES MATIÈRES

---

|                                                                                                                          | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| INTRODUCTION.....                                                                                                        | II    |
| CHAPITRE PREMIER. — <i>La silice dans l'univers en particulier chez les animaux et à l'état normal...</i>                |       |
| 1. La silice dans le règne minéral.....                                                                                  | 15    |
| 2. Le silicium dans le règne végétal.....                                                                                | 18    |
| 3. Le silicium dans le règne animal.....                                                                                 | 21    |
| 4. Les composés siliciés des organismes vivants...                                                                       | 25    |
| 5. Conclusions.....                                                                                                      | 27    |
| CHAPITRE II. — <i>La silice au point de vue anatomo-pathologique, en particulier dans la tuberculose pulmonaire.....</i> |       |
| 1. Préambule. — Affections diverses.....                                                                                 | 29    |
| 2. Silice et fibrogénèse.....                                                                                            | 30    |
| 3. Déminéralisation siliceuse chez les bacillaires.                                                                      | 31    |
| 4. Silicification des lésions pulmonaires.....                                                                           | 33    |
| 5. Conclusions.....                                                                                                      | 35    |
| CHAPITRE III. — <i>Le silicium médicament interne.....</i>                                                               |       |
| 1. Formes médicamenteuses du silicium.....                                                                               | 37    |
| 2. Notions anciennes. — Action du silicate de soude sur les microorganismes.....                                         | 40    |
| 3. Action des silicates sur les animaux supérieurs après ingestion buccale.....                                          | 43    |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. Action des silicates après injection sous-cutanée<br>et intraveineuse.....                 | 46 |
| 5. Résumé. — Conclusions pratiques.....                                                       | 46 |
| CHAPITRE IV. — <i>Comment se comporte la silice à tra-</i><br><i>vers l'organisme ?</i> ..... | 49 |
| 1. Historique.....                                                                            | 49 |
| 2. Technique.....                                                                             | 51 |
| 3. Bilan nutritif de la silice.....                                                           | 58 |
| 4. Au bout de combien de temps la silice apparaît-<br>elle dans l'urine ? .....               | 64 |
| 5. Quelques expériences chez les bacillaires.....                                             | 65 |
| CONCLUSIONS.....                                                                              | 69 |
| BIBLIOGRAPHIE.....                                                                            | 71 |



